

现代音响技术应用

曾广兴 编著



广东科技出版社

现代音响技术应用

曾广兴 编著

广东科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代音响技术应用/曾广兴编著
- 广州: 广东科技出版社, 1997.3
ISBN 7-5359-1758-5

I. 现…
II. 曾…
III. ①音响-技术②音响-应用
IV. TN912

出版发行: 广东科技出版社
(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)
经 销: 广东省新华书店
排 版: 广东科电有限公司
印 刷: 广东惠阳印刷厂
(惠州市南坛西路 邮码: 516001)
规 格: 787×1092 印张 15.75 字数 360 000
版 次: 1997 年 3 月第 1 版
1997 年 3 月第 1 次印刷
印 数: 0001-10 200
ISBN 7-5359-1758-5
分 类 号: TN·67
定 价: 20.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 简 介

本书简要系统地阐述了音响技术的基本概念,详细分析了音响器件(传声器、扬声器及音箱)和专用声频设备(调音台、均衡器、压限器、延时器、混响器、激励器、频移器、电子分频器、功率放大器等)的电路组成原理、功能、技术特性及选用要求。在此基础上,特别介绍了建筑声学的有关原理及剧院、歌舞厅、体育场馆等场所扩声系统的具体设计方法;还介绍了几种新型的广播技术(导频制立体声、SCA、丽音广播)及几种最新的数字音视频设备(CD、DCC、MD、VCD、DVD),并在最后详细讲述了家庭音视频(AV)器材的选配方法。本书突出实用性,给出了大量实用的音响技术及视频技术的最新资料。适合声频和视频专业工作者、业余无线电爱好者、音乐爱好者、AV设备生产厂家等阅读参考,亦可作为大专院校有关专业的参考教材。

前 言

音响技术是一门介于声学与电学的边缘学科，它具有很强的实用性，它的应用已渗透到人们生活的各个方面。

近年来，随着音响技术的飞速发展，各种各样的音响设备和系统应运而生，与此同时，各种新技术层出不穷。特别是数字技术与计算机技术的广泛应用，引起了音频视频技术的一场革命。以音视源为例，在音频领域，继激光唱机（CD）、数字音频磁带录音机（DAT）问世后，又出现了可与现行盒式录音磁带兼容的数字式盒式录音磁带系统（DCC）及可录的小型激光唱片系统（MD）；在音视频领域，继激光影碟机（LD）之后，采用图像压缩技术的VCD小影碟以其良好的音质、画质以及碟片的低成本而受到越来越多的消费者的青睐，而性能技术指标比LD更佳的数字视盘（DVD）也已投放市场。所有这些，为人们提供了梦寐以求的高保真的音视源，同时也使音频和视频结合而产生的视听（AV）系统达到了一个新的水平。就音响系统而言，与我们日常生活密切相关的有广播系统、家庭视听系统和扩声系统。在这些系统中，新技术、新设备的广泛应用，对建筑声学和心理声学的深入研究，使这些系统焕发出了昔日从未有过的光彩。

在我国，大量进口音响设备、系统的引进，极大地提高了我国音响技术的应用水平，不少家庭配置的中高档音响系统五花八门，各式采用高档进口音响设备及系统的夜总会、歌舞厅、影剧院等星罗棋布。但是，我国有关这方面的专业人才却少之又少，这主要包括专业音响操作人才、音响设备设计人才及音响系统设计人才的缺乏。比如很多歌舞厅的音响操作人员只知道设备一部分旋钮的功能，缺乏对整个系统的完整的深入理解，因而调音效果很差，无法充分发挥高档进口音响的效果；而对设备设计人员来说，由于对新技术信息掌握不及时，从而导致设计无法跟上国际新潮流，这也是我国音响设备及系统长期落后于发达国家的主要原因。至于音响系统的设计，情况则更令人吃惊，很多音响系统根本无设计过程，有的甚至选用陈旧过时的器材。另外，我国有关这方面的资料极少，大部分大专院校均无该类课程的设置。

针对上述情况，编写一本综合反映音响技术及应用最新成果并提供大量最新实用资料的书便势在必行了，这不仅需要对各种进口音响设备、系统及新技术进行深入浅出的理论及设计计算公式的阐述，更要详细分析各种设备、系统及新技术的技术特点、选用方法、设计要求等等，还要收集大量的实用材料，以使本书成为音响设计人员、音响操作人员、音响爱好者等必备的一本实用手册，这就是本书编写的目的。

本书共分七章，各章的主要内容介绍如下：

第一章“音响技术基本概念”系统地阐述了音响技术的基本概念，并结合实例加以说明，如声压级、人耳的听觉特性、哈斯效应等；最后还介绍了目前最新的几种家庭AV系统。

第二章是“高保真电声器件”。在音响系统中，传声器和扬声器是两种最主要的电

声转换器件，其指标的高低对整个音响系统指标的高低起着举足轻重的作用。本章首先介绍了这两种器件的基本原理及技术特性，然后列举了大量的常用进口产品的型号、特点及选用方法，以便提供给音响设计人员一些实用的资料。

第三章为“专用声频设备”。在一个完整的音响系统中，应包括调音台、均衡器、压限器、扩展器、延时器、混响器、声音激励器、电子分频器、功率放大器等设备，本章用较大的篇幅对这些设备的基本原理、典型电路等作了较深入的分析，并介绍了大量进口的这些设备的型号、特点及选用方法。

第四章为“扩声系统”。扩声系统是最主要的音响系统之一，本章首先介绍了建筑声学的有关问题，然后阐述了扩声系统的具体设计方法，最后介绍了影剧院、体育场馆、歌舞厅扩声系统的设计实例。

第五章为“新型广播技术”。本章介绍了几种新型广播技术，包括：导频制立体声广播、调频附加信道（FM-SCA）广播、丽音（NICAM）电视广播等，作为这方面技术覆盖面广而资料贫乏的一个补充。实际上，广播系统也可以归并为一个最常见的音响系统。

第六章为“数字音频视频（AV）设备”。数字技术的飞速发展，使视听领域进入了一个新纪元。本章介绍了激光唱机（CD）、数字式盒式磁带录音机（DCC）、小型光盘系统（MD）、小影碟（VCD）及数字视盘（DVD）等数字音频视频设备的基本工作原理、结构特点及技术特性，最后还介绍了如何将CD机改装成VCD小影碟兼容机的方法。

第七章“家庭音频视频（AV）器材的选配”介绍了不同档次的家庭音频视频（AV）器材的选配方法及原则，给出了具体的配置及该种配置的特点及效果，是本书前几章内容的综合应用之一。

在本书编写过程中，广东工业大学电气工程系的邢欣老师在资料的搜集、写作提纲的确定等各方面都给予了很多的帮助，并参加了部分章节初稿的写作，广东省演出器材公司的陈昕工程师提供了大量的资料，广东省科学院自动化工程研制中心的黄秀群进行了全部的文字整理工作，在此一并表示衷心的感谢。

本书适合于声频和视频专业工作者、业余无线电爱好者、音乐爱好者、AV设备生产厂家等阅读参考，亦可作为大专院校有关专业的参考教材。

曾广兴

1996年12月于羊城

读者注意：根据新颁布的国家标准 GB7159—87《电气技术中的文字符合制订通则》的规定，并按出版社的要求，本书用晶体三极管的符合V代替Q。

目 录

第一章 音响技术基本概念	(1)
第一节 声音	(1)
一、声压与声压级	(1)
二、声强与声强级	(2)
三、声级	(3)
四、点声源声压级的简单计算	(3)
五、声音的传播特性	(5)
六、声音信号的组成	(7)
第二节 人耳的听觉特性	(8)
一、响度	(8)
二、音调	(9)
三、音色	(9)
四、可听声范围	(10)
五、掩蔽效应	(10)
六、哈斯效应	(12)
七、耳壳效应	(13)
八、双耳效应	(13)
九、德·波埃效应	(13)
十、劳氏效应	(14)
第三节 常见家庭 AV 系统	(14)
一、通用家庭卡拉 OK AV 系统	(15)
二、带杜比环绕声的家庭影院 AV 系统	(15)
三、电脑多媒体 AV 系统	(17)
第二章 高保真电声器件	(19)
第一节 传声器	(19)
一、传声器的工作原理	(19)
二、传声器的应用技巧	(21)
第二节 扬声器系统	(29)
一、扬声器的工作原理	(29)
二、扬声器的技术特性	(30)
三、扬声器系统	(31)
四、扬声器系统的应用技巧	(35)
第三章 专用音频设备	(48)
第一节 调音台	(48)
一、调音台的工作原理	(48)
二、调音台的应用技巧	(61)
第二节 均衡器	(67)

一、均衡器的工作原理	(67)
二、均衡器的应用技巧	(70)
第三节 压限器、扩展器和噪声门	(72)
一、压限器	(72)
二、扩展器	(77)
三、噪声门	(78)
第四节 延时器与混响器	(79)
一、延时器的基本原理	(79)
二、混响器的基本原理	(81)
三、延时器和混响器的主要技术特性	(82)
四、延时器的应用技巧	(82)
五、混响器的应用技巧	(84)
第五节 声音激励器	(89)
一、声音激励器的工作原理	(89)
二、声音激励器的应用技巧	(90)
第六节 频移器及调相器	(91)
第七节 电子分频器	(93)
一、电子分频器的工作原理	(93)
二、电子分频器的应用技巧	(96)
第八节 功率放大器	(97)
一、功率放大器的工作原理	(98)
二、功率放大器的应用技巧	(101)
第四章 扩声系统	(108)
第一节 扩声系统的技术要求	(108)
一、响度与传声增益	(108)
二、稳定性	(109)
三、音质	(110)
四、方向感	(110)
第二节 扩声系统的设计	(110)
一、建筑声学的有关问题	(111)
二、扩声系统的设计	(118)
三、扩声系统的测试和调整	(122)
第三节 扩声系统设计实例	(123)
一、大中型影剧院扩声系统的设计	(123)
二、大型体育场、馆扩声系统的设计	(128)
三、多功能歌舞厅扩声系统的设计	(131)
第五章 新型广播技术	(134)
第一节 立体声广播	(134)
一、立体声广播制式	(134)
二、导频制复合立体声信号的解码	(137)

第二节 调频附加信道 (FM-SCA) 广播	(146)
一、双重调频 SCA 广播的工作原理	(147)
二、SCA 广播的频率配置	(147)
三、SCA 信号的特征	(148)
四、SCA 广播电台系统特征	(149)
五、SCA 编码器	(149)
六、SCA 解码器	(150)
第三节 双伴音/立体声电视广播	(153)
一、对双伴音/立体声电视广播系统的要求	(153)
二、双载波制	(153)
三、FM-FM 制	(157)
第四节 丽音 (NICAM) 电视广播	(159)
一、NICAM 728 编码系统	(160)
二、NICAM728 解码系统	(164)
第六章 数字音频视频 (AV) 设备	(168)
第一节 激光唱机 (CD 唱机)	(169)
一、激光唱机概述	(169)
二、激光拾音器与伺服系统	(172)
三、信号处理系统	(174)
第二节 DCC 数字式盒式磁带录音机	(175)
一、DCC 系统概述	(175)
二、DCC 系统的组成及工作原理	(176)
第三节 MD 小型光盘系统	(181)
一、MD 唱片	(182)
二、MD 唱机原理	(185)
第四节 VCD 小影碟	(190)
一、VCD 的工作原理	(190)
二、MPEG-1 标准及编解码过程	(190)
三、VCD 的软件及硬件概况	(195)
第五节 数字视盘 DVD	(196)
一、索尼阵营的 DVD——多媒体光盘 (mm-CD)	(196)
二、东芝阵营的 DVD——超密光盘 (SD)	(197)
三、两大阵营 DVD 制式的统一	(198)
第六节 CD 机改装成 VCD 小影碟兼容机实例	(199)
一、改装原理	(199)
二、CL480VCD 芯片及其 VCD 解码板	(199)
三、改装方法	(202)
四、改装实例	(203)
第七章 家庭音频视频 (AV) 器材的选配	(205)
第一节 国产进口器材组合配置	(205)

一、普及式纯音乐欣赏型配置	(205)
二、中档纯音乐欣赏型配置	(207)
三、中档音视 (AV) 欣赏型配置	(208)
第二节 进口器材组合配置	(210)
一、中档音视 (AV) 欣赏型配置	(210)
二、中高档音视 (AV) 欣赏型配置	(211)
三、高档音视 (AV) 欣赏型配置	(213)
四、高档纯音乐欣赏型配置	(214)
附录一、IEC 关于 Hi-Fi 音频设备及系统的标准 (摘要)	(217)
附录二、常用吸声材料的吸声系数	(221)
附录三、常用隔声材料的隔声度及隔声效果	(224)
附录四、声学的单位、名称及符号	(225)
附录五、比值和分贝的换算表	(226)
附录六、常用声学量的级和基准值	(227)
附录七、各种声音的频率范围、声压级和声功率	(228)
附录八、音响技术常用英汉词汇对照	(230)
主要参考文献	(243)

第一章 音响技术基本概念

现实世界是声音的世界。我们会听到各种各样的声音：歌声、说话声、乐器声、噪声等等，且不但能感觉到声音的强度、音调和音色，而且还能感觉出声源的方向和距离，即空间印象感——立体感。一般人并不关心声音是怎样产生的或有什么特性这一类的问题，但对于讲求高保真的音响效果的专业工作者和业余爱好者来说，掌握音响技术特别是声学方面的一些基本概念是必不可少的。

本章将介绍一些这方面的基本概念，这些知识对了解本书的内容是非常必要的。

第一节 声 音

声音是由机械振动产生的。当一物体振动时，会激励它周围的媒质发生振动。若媒质具有压缩性，则在媒质的相互作用下，周围的媒质就产生了交替的压缩和膨胀，并且逐渐向外传播。因此，凡是具有弹性的物质，如气体、水、钢铁、混凝土等弹性物质，都能传播声波。另外，声波在不同的媒质中其传播速度是不同的，媒质密度越大，则传播速度越快，比如声音在海水里的传播速度是空气中传播速度的五倍。

声音有强弱之分，声能量有大小之别，那么如何从物理上定量地描述声音呢？

一、声压与声压级

媒质中有声波传播时，媒质的各部分产生压缩与膨胀的周期性变化。压缩时压强增加，膨胀时压强减少。变化部分的压强，即总压强与静压强的差值称为声压。更具体地描述声波特性可以用瞬时声压、峰值声压和有效声压等，通常用仪器测得的声压是均方根值，即有效声压，因而习惯上把有效声压简称为声压，用 P 表示。

对于平面波，声压 P 和质点运动速度 v 成正比，即：

$$P = \rho c v \quad (1-1)$$

式中， ρ 为媒质密度， c 为声波的传播速度， ρc 又称为声阻率（声阻抗率）。

声压的单位是帕（Pa），有时也用微巴（ μbar ），它们的关系如下：

$$1 \text{ 帕 (Pa)} = 1 \text{ 牛顿/米}^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$1 \text{ 微巴 } (\mu\text{bar}) = 1 \text{ 达因/厘米}^2 \text{ (dyn/cm}^2\text{)}$$

$$1 \text{ 帕 (Pa)} = 10 \text{ 微巴 } (\mu\text{bar})$$

$$1 \text{ 个大气压 (atm)} \approx 10^5 \text{ 帕 (Pa)}$$

人耳能听到的最低声压是 $0.0002\mu\text{bar}$ ，这个极限称为可闻阈（又称听阈）。当声压增大到 $200 \sim 2000\mu\text{bar}$ 时，人耳会产生难受的感觉，有痛感，故把这个范围称为痛阈。

从上可见，人耳能听到的声压范围很大，用它来衡量的强弱很不方便，亦给仪器的测量带来困难。实验证明：人耳对声音强弱的感觉是与声压的对数成正比的，这就是著

名的韦伯 (Weber) 定律, 因此引入声压级的概念, 其定义为:

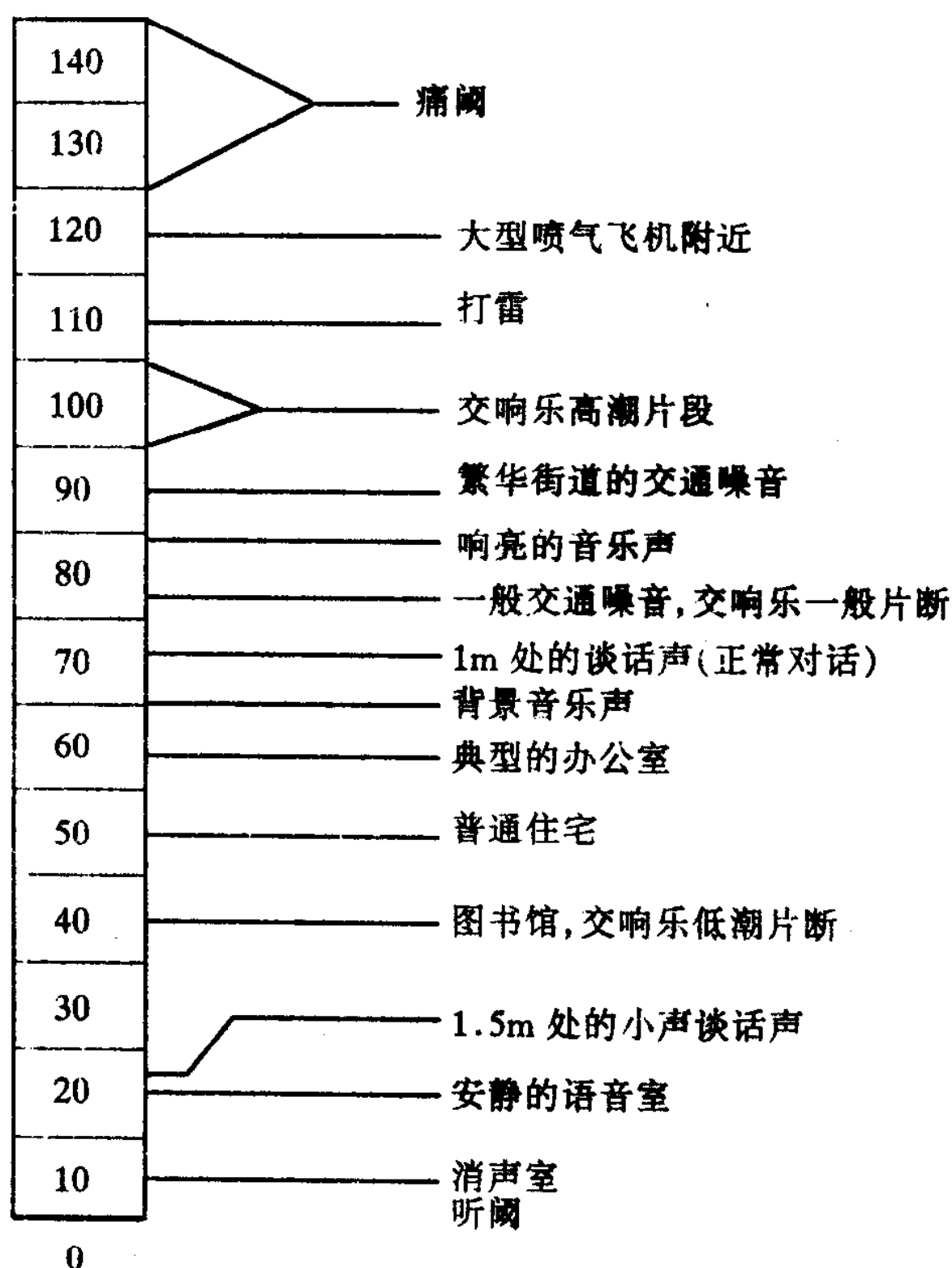
$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_r} \quad (1-2)$$

式中 P 为声压; P_r 为参考声压, 目前取 1kHz 的可闻阈声压, 即 $P_r = 2 \times 10^{-4} \mu\text{bar}$; 声压级的单位是分贝 (dB)。

因此, 人耳的可闻阈声压级为 0dB(1kHz), 痛阈声压级为 120~140dB。为了使读者对声压级的大小有一个直观的印象。表 1-1 给出了日常生活各种声音所对应的声压级。

表 1-1 日常生活各种声音的声压级

声压级 (dB)



二、声强与声强级

单位时间内通过与指定方向垂直的媒质单位面积的声能量称为声强, 用 I 表示。对自由平面声波或球面波, 声强与声压的平方成正比, 与声阻率成反比, 即

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad (1-3)$$

声强的单位是瓦/米² (W/m^2), 空气的声阻率为 $420\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。人耳从听阈到痛阈的声强范围是 $10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$ 到 $10^2\text{W}/\text{m}^2$ 。

声强级是声强相对于参考声强的分贝数, 即:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_r} \quad (1-4)$$

式中, I 是声强, I_r 是参考声强, 通常取 10^{-12}W/m^2 。

对于自由平面波和球面波, 由于 $I \propto P^2$, 因而

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_r} = 10 \lg \frac{P^2}{P_r^2} = 20 \lg \frac{P}{P_r} = L_P, \text{ 即声强级等于声压级。}$$

三、声 级

声级是以指定的时间计权和频率计权所测得的某一给定声压的分贝数, 所用的计权特性必须和数值一起标明。

时间计权通常有快档、慢档和脉冲档三类。表头有效值读数的时间平均网络的时间常数分别为 125ms、1000ms 和 35ms。

频率计权通常有 A、B、C 和 D 网络四种计权。前三种计权网络的频率特性分别是 40、70、100 方等响曲线的倒曲线。D 计权网络的频率特性是 40 呐等噪度曲线的倒曲线。

在声场中某点的声级是用声级计测量时以分贝表示的读数。声级计读数是相应于全部可听声频率范围内按规定的频率计权和时间计权而得的声压级数。例如, 用 A、B、C 计权网络测得的声压级分别称为 A 声级 (单位是 dBA)、B 声级 (dBB)、C 声级 (dBC)。A 声级能较好地反映噪声引起人们的烦恼, 因此近年来放声系统中的本底噪声不再用 C 声级而趋向于用 A 声级表示。

四、点声源声压级的简单计算

1. 多个点声源的合成声压级

设有两个点声源, 在声场中某点 Q 产生的声压级分别为 L_{P_1} 、 L_{P_2} , 此点的总声压级并不是两个声压级的算术和, 而要用能量的叠加方法来计算。

设 I_1 和 I_2 分别是两声源在该 Q 点的声强, 则总声强:

$$I = I_1 + I_2 \quad (1-5)$$

由于 $I_1 = P_1^2 / \rho c$

$$I_2 = P_2^2 / \rho c$$

$$I = P^2 / \rho c$$

故可得:

$$P^2 = P_1^2 + P_2^2$$

$$\therefore P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2} \quad (1-6)$$

因此合成声压级:

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_r} = 20 \lg \frac{\sqrt{P_1^2 + P_2^2}}{P_r}$$

$$\text{而 } L_{P_1} = 20 \lg \frac{P_1}{P_r}$$

$$L_{P_2} = 20 \lg \frac{P_2}{P_r}$$

$$\text{即 } P_1^2 / P_r^2 = 10^{L_{P_1}/10}$$

$$P_2^2 / P_r^2 = 10^{L_{P_2}/10}$$

代入得

$$L_P = 10 \lg (10^{L_{P_1}/10} + 10^{L_{P_2}/10}) \quad (1-7)$$

这就是两个点声源的合成声压级的表达式，对于多于两个点声源的情况，推导方法相同。

若 $L_{P_1} = L_{P_2}$ ，则

$$L_P = 10 \lg (2 \times 10^{L_{P_1}/10}) = L_{P_1} + 10 \lg 2 \approx L_{P_1} + 3 \text{ dB},$$

因此我们可以得出一个重要结论：声压级加倍，总声压级只增加3dB。

2. 声压加倍时的总声压级

设有一个点声源，在声场中某点 Q 产生的声压为 P_1 ，对应的声压级为 L_{P_1} 。当该点声源在 Q 点的声压加倍时，则声压级变为：

$$L_P = 20 \lg \frac{2P_1}{P_r} = 20 \lg 2 + L_{P_1} \approx L_{P_1} + 6 \text{ dB}$$

由此可得出另一个重要结论：单个点声源声压加倍，总声压级增加6dB。

3. 距离与声压级的关系

对于点声源，在球面辐射的某一点上，声压 P 与至声源中心的距离 r 成反比的关系，即

$$P^2 \propto \frac{W}{4\pi r^2} \quad (1-8)$$

式中 W 为声功率。将上式改写为：

$$P^2 = KW / r^2 \quad (1-9)$$

式中 K 为常数

设离声源中心的距离为 r_1 处声压级为 L_{P_1} ，而离声源中心的距离为 r_2 处声压级为 L_{P_2} ，因为：

$$L_{P_1} = 20 \lg \frac{P_1}{P_r} = 10 \lg \frac{P_1^2}{P_r^2} = 10 \lg \frac{KW}{P_r^2 r_1^2},$$

$$L_{P_2} = 20 \lg \frac{P_2}{P_r} = 10 \lg \frac{P_2^2}{P_r^2} = 10 \lg \frac{KW}{P_r^2 r_2^2}$$

故将两式相减可得：

$$L_{P_1} - L_{P_2} = 10 \lg r_2^2 - 10 \lg r_1^2$$

$$\text{即 } L_{P_2} = L_{P_1} + 10 \lg \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (1-10)$$

这就是距离与声压级的关系式。当 $r_2 = 2r_1$ 时

$$L_{P_2} = L_{P_1} + 10 \lg \left(\frac{1}{2} \right)^2 = L_{P_1} - 20 \lg 2 \approx L_{P_1} - 6 \text{ dB}$$

即距离加倍，声压级减少6dB，这是我们得出的另一个重要结论。

五、声音的传播特性

1. 声速

声速是声波传播的速度。空气中的声速为

$$c = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho}} \quad (1-11)$$

式中, P_0 是大气静压强 ($= 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$); ρ 是空气密度 (0°C 时的空气密度为 1.203kg/m^3); γ 是比热比 (对于空气, $\gamma = 1.41$)。

因此, 由式 (1-11) 可知, 0°C 时空气中的声速为:

$$c_0 = 331 \text{m/s}$$

在空气压强不变的情况下, 空气密度是随着温度的变化而变化的, 因此声速也随之改变。 $t^\circ\text{C}$ 时的声速 c_t 与温度的关系为

$$c_t = c_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} \quad (1-12)$$

式中 c_0 为 0°C 时声波在空气中的传播速度, t 为环境温度。

3. 衰减特性

引起声音衰减的原因主要有二个: 一是当声音向四周空间传播时, 能量向四周均匀扩散; 二是当声音在空气中传播时, 由于空气媒质具有一定的粘滞性, 媒质质点运动时会发生摩擦, 使一部分声能变成热能消耗了。

实验证明, 声音的衰减规律有二: 其一是球面扩散的反平方律, 具体计算见式 (1-10); 其二是声波的频率越高, 摩擦所消耗的声能量越多, 理论证明, 这种能量消耗与声波频率的平方成正比。例如, 声波频率由 1kHz 上升到 10kHz 时, 频率升高到 10 倍, 而声能量消耗将增大到 100 倍。因此, 高音在传播过程中衰减很大, 必须在音响系统中引起足够的重视并采取相应的措施。

3. 反射与绕射

声波在传播过程中碰到坚硬的物体, 一部分声波的传播方向改变 (如图 1-1 所示), 这就是反射现象。反射角与入射角相等, 另外有一部分声波将透过物体继续前进。

上述情况是规则反射。波长很短的声波在传播过程中碰到凹凸不平的表面, 会发生乱反射; 波长较长的声波不会发生乱反射。

当声波遇到墙面或其它物体时, 部分声波能够绕过障碍物的边缘前进, 这种现象称为绕射, 如图 1-2 所示。绕射与障碍物的大小及声波的波长的比值有关, 频率越高, 越不容易产生绕射, 因而传播的方向性较强。

声波产生绕射的条件是:

$$l < 5\lambda \quad (1-13)$$

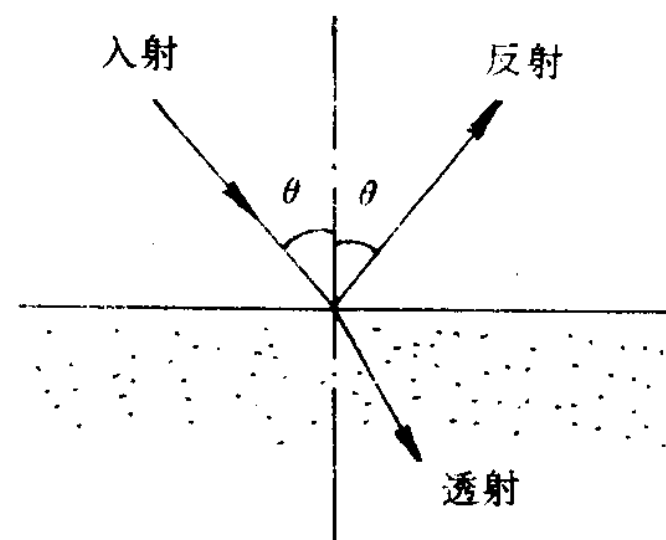


图 1-1 声波的反射现象

式中, l 为障碍物的尺度, λ 为声波的波长。

当障碍物的尺度在 $5\lambda \sim 10\lambda$ 范围内时, 声波仍有一些绕射, 但只限于局部范围, 并且会产生明显的声影区; 若障碍物的尺度接近 30λ , 则声波几乎完全被遮挡。

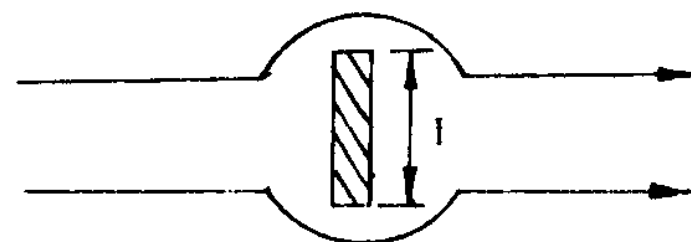


图 1-2 声波的绕射

在日常生活中, 很多音响爱好者喜欢在他们制作的音箱前面蒙上一层喇叭布, 并做上一系列的装饰图案, 殊不知喇叭布实际上是一层障碍物, 很可能满足不了高音的绕射条件, 因而人为造成高音的较大损耗! 因此, 必须精心选择喇叭布, 最好尽量不用。

4. 声波的吸收

当声波穿过墙壁传播时, 由于空气微粒遇到摩擦, 墙壁所吸收的声能被转化为热能。在正常情况下, 这种热量是非常小的, 因为一般声音中所含的能量是微乎其微的。地毯、布帘、玻璃纤维及普通的吸声方砖等纤维状的材料有较高的吸声能力, 这是因为声音要在纤维和小孔中进行多次反射, 而每一次反射都要引起能量的消耗。

被吸收的声能和入射声能的比值称为反射面的吸声系数。石膏、玻璃、木头、砖石、混凝土等都是坚硬的密质材料, 这些材料的非多孔表面的吸声系数小于 0.05; 相反, 软质、多孔材料允许声波渗透传播, 因而它的吸声系数可接近 1.00, 即全部吸收入射声能。

研究如何吸收声音对从事高保真录音和放音的工程技术人员和艺术人员来说有着极为重要的直接意义。

5. 声谐振

我们都有这样的体验, 在淋浴时唱歌格外动听。这是由于小间浴室内存在着谐振效果, 它使某些频率的声音得到加强, 这些固有频率是和浴室的尺寸有关的。

孩子们喜欢把海螺壳贴在耳边来听“大海的呼啸声”, 因为大海螺的螺旋腔是一个谐振器, 当室内噪声进入腔内时, 接近海螺自然频率的成分有选择地得以加强, 即发生谐振, 因而能听到“大海的呼啸声”。

从上面的例子我们可以看到, 声谐振现象只在某一特定的频率上才会发生。声谐振有着重要的声学意义。

6. 声波的干涉

声波的干涉是指一些频率相同的声波叠加后所发生的现象。干涉的结果是使空间声场中有一个固定的分布, 形成驻波。如果它们的相位相同, 也就是在同一时刻处于相同的压缩或膨胀状态, 则两个声波互相叠加而加强; 若相位相反, 则叠加后会减弱; 如果它们之间存在着一定的相位差, 则叠加后有增强也有减弱。

在厅堂内直达声和各种反射声在空间内各点也会产生相互干涉。如果把接在同一台功率放大器上的两个扬声器并放在一个房间里, 从功放输入大约 $500 \sim 1000\text{Hz}$ 的正弦信号, 那么我们只要在这个合成的声场里走走, 就可以立刻察觉到上述两波相加和彼此抵消的现象。

在实际应用中常会利用声波的干涉现象来达到某种预期的效果, 如稍后将会介绍到

的声柱等。

六、声音信号的组成

声波作用于人耳时，若频率为 $20 \sim 20000\text{Hz}$ ，并且有一定的强度，则人耳就能听到；低于 20Hz 的声波称为次声波；高于 20000Hz 的声波称为超声波。次声波和超声波是人们听不到的，通常所说的声音，是指频率为 $20 \sim 20000\text{Hz}$ 的声频波。

1. 纯音、复音及声谱

由单一频率的正弦振动所形成的声音，称为纯音。音叉振动发出的声音就是纯音，纯音听起来有明显的单一音调的感觉。

由多个不同频率的正弦振动所形成的声音称为复音。平常听到的声音如语言、音乐等都是复音，复音听起来有多个音调的感觉。

不同的复音，其频带宽度不同，频带内包含的频率成分也不同。就是在同一复音频带内，各个频率成分的相对幅度也不同。这就是说，每个复音都具有一定的频谱特性。因此，可用频谱图来描述声音的频谱结构，该频谱图称为该复音的“声谱”。图 1-3 给出了单簧管某一音阶（基音频为 535Hz ）的声谱。图中第一个频率成分称为基音，基音所对应的频率（ f_0 ）为基音频率，相应的声波称为基波。其余的成分称为泛音，泛音频率是基音频率的整数倍。

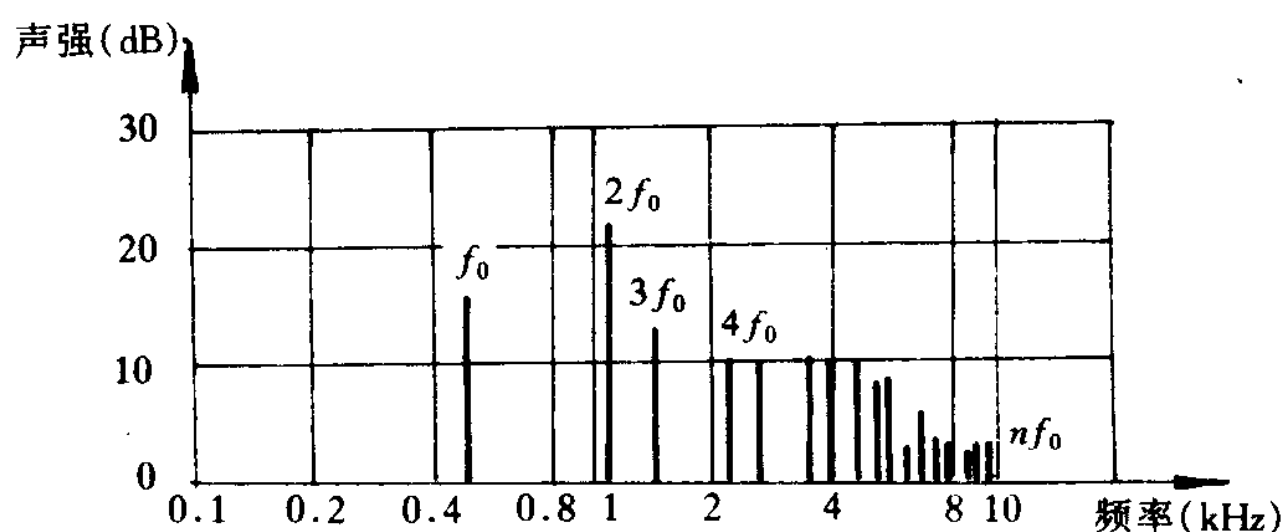


图 1-3 单簧管某一音阶的声谱

2. 厅堂中声音信号的组成

厅堂中声音信号的组成是十分复杂的，它主要由直达声、近次反射声和混响声组成，如图 1-4 所示。借助于这些组成部分之间的差别，听众可以明显地产生厅堂的空间感和临场感。

直达声是指由声源直接传到听众耳朵中去的声音，它是最主要的声音信息。

近次反射声又称为前期反射声，它是与直达声相比，延迟时间小于 50ms 的反射声。前期反射声对直达声有加重、加厚，使音色

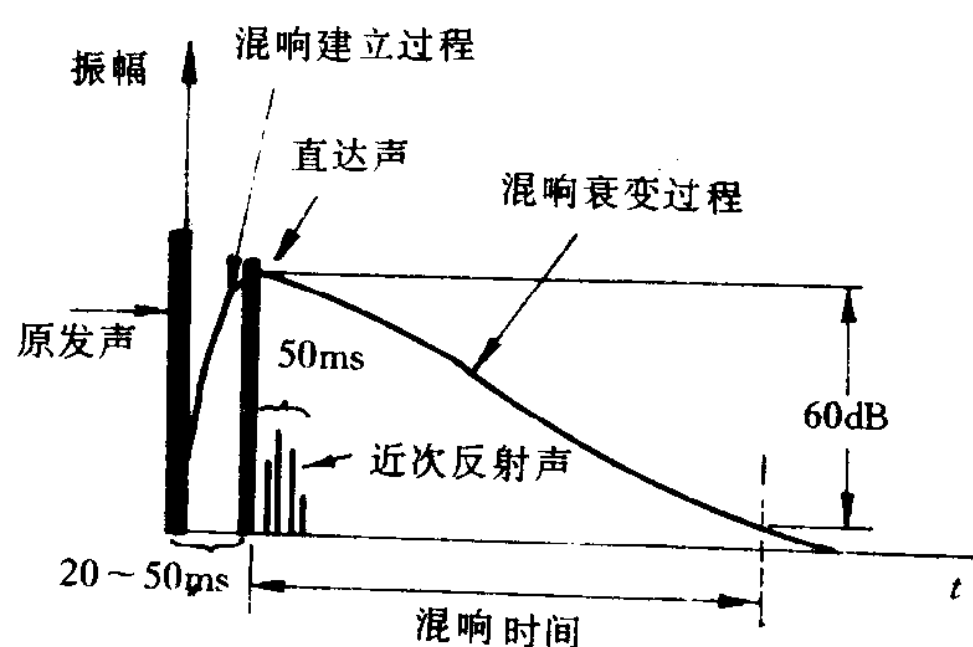


图 1-4 厅堂中声音信号的组成